

## EFISIENSI OPTIMUM KONFIGURASI PEMBEBANAN PADA PLTG GRATI BLOK II

Ibnu Sofyan<sup>1)</sup>, Sabar Setiawidayat<sup>1\*)</sup>, Mohammad Mukhsim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Email Korespondensi: [sabarset@widyagama.ac.id](mailto:sabarset@widyagama.ac.id)

---

### INFORMASI ARTIKEL

#### Data Artikel :

Naskah masuk, 25 Juli 2022  
Direvisi, 16 Agustus 2022  
Diterima, 17 Agustus 2022  
Publish, 20 Agustus 2022

### ABSTRAK

Sistem Pembangkitan sebagai penyuplai tenaga listrik dituntut untuk dapat memberikan pelayanan yang terbaik kepada konsumen serta ekonomis dalam pengoperasiannya. PLTGU Grati merupakan salah satu pusat listrik yang bernaung dibawah Indonesia Power, terdiri dari dua blok sistem pembangkitan yaitu blok-1 yang terdiri dari tiga generator dengan bahan bakar Gas dan blok-2 yang terdiri dari tiga generator dengan bahan bakar batubara. Pengoperasian sistem pembangkitan blok-2 masih didasarkan pada cara konvensional yaitu sistem perkiraan sehingga belum dapat diprediksi apakah sistem pengoperasian tersebut sudah optimal ataukah belum. Penelitian ini mengusulkan optimalisasi sistem pembangkitan blok-2 dengan metode Lagrange, yang dikenal dengan iterasi Lamda. Perhitungan optimasi dilakukan dengan cara manual dan dengan bantuan perangkat lunak Matlab. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa Penerapan metode Lagrange untuk perhitungan optimasi pada blok-2 dapat memberikan penghematan dibandingkan dengan cara konvensional. Perhitungan secara manual dibandingkan cara konvensional memberikan penghematan sebesar 0.57 \$/jam atau 0.08% dan dengan bantuan perangkat lunak dapat memberikan penghematan sebesar 35.5685 \$/jam atau 5.277%

**Kata Kunci :** metode Lagrange, optimalisasi, Blok 2 PLTGU Grati

---

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik sebagai sumber tenaga semakin luas pemakaiannya, karena disamping mudah dikonversikan ke bentuk energi lain, juga mudah dalam pembangkitan dan penyalurannya. Beberapa jenis pembangkit konversi energi, diantaranya adalah Pusat Listrik tenaga Air (PLTA), Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pusat Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) dan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). PLTGU Grati merupakan salah satu pusat pembangkit di bawah pengelolaan PT. Indonesia Power yang berada di kecamatan Grati Pasuruan. PLTGU Grati memiliki dua sistem pembangkitan yaitu blok-1 yang beroperasi terus-menerus, terdiri dari tiga generator dan blok-2 yang hanya beroperasi untuk beban puncak, terdiri dari tiga generator. Di dalam pengoperasian sistem pembangkit termis, ketersediaan bahan bakar merupakan variabel biaya terbesar dalam biaya produksi listrik, oleh karena itu penggabungan beberapa pembangkit dalam blok-2 menjadi suatu sistem, permasalahan optimasi sistem pembangkitan perlu dievaluasi guna memperoleh pembangkitan yang ekonomis. Tujuan makalah ini adalah untuk merencanakan suatu sistem operasi pembangkitan ekonomis yang optimum berdasarkan kemampuan operasi tiap pembangkitan pada sistem blok-2 PLTGU Grati dengan menggunakan metode Iterasi  $\lambda$ .

---

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Studi Literatur

Mempelajari dan memahami literatur yang terkait dengan pengoperasian sistem, utamanya sistem pembangkit PLTGU, pengoperasian ekonomis dan perangkat lunak. Literatur dapat berbentuk buku teks, jurnal, artikel, maupun majalah ilmiah baik dari media cetak ataupun dari media elektronik.

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dimaksud adalah :

- Data kemampuan Pembangkitan daya ( $P_{min}$  dan  $P_{max}$ ) tiap Generator
- Data pemakaian bahan bakar (MBTU/\$) tiap Generator
- Data Jam Operasi tiap Generator
- Data jaringan Transmisi Interkoneksi

### 2.3. Perhitungan Data

Perhitungan data yang dimaksud adalah :

- Perhitungan persamaan Bahan Bakar dengan Analisis Regresi
- Perhitungan nilai  $\lambda$  tiap generator dengan metode Lagrange
- Perhitungan Optimasi dengan metode Lagrange
- Perhitungan Perangkat lunak dengan metode Iterasi

### 2.4. Analisis Data

Analisis data yang dimaksudkan adalah :

- Membandingkan data lapangan dengan data perhitungan manual menggunakan analisis Komparasi
- Membandingkan data perhitungan manual dengan perhitungan hasil dari perangkat lunak menggunakan analisis Komparasi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data I/O tiap Generator PLTGU Grati Blok II

BEBAN (MW)	Flow BBM (Ton/jam)		
	GT # 2.1	GT # 2.2	GT # 2.3
10	12.3	12.5	13.0
20	14.7	15.0	14.9
30	16.9	16.9	17.5
40	18.8	18.9	19.6
50	19.9	19.9	21.8
60	23.0	22.9	24.0
70	25.2	25.1	26.7
80	27.8	27.5	28.8
90	30.1	30.0	31.5
100	32.5	32.6	33.7

### 3.1. Persamaan bahan bakar

Data beban (X) sebagai fungsi BBM (Y) tiap generator dianalisis dengan analisis Regresi sehingga diperoleh persamaan Regresi Kwadratiknya tiap generator:

$$GT\#2.1 \text{ adalah } Y = 10.7483 + 0.1800x_1 + 0.0004x_1^2$$

$$GT\#2.2 \text{ adalah } Y = 11.1967 + 0.1643x_2 + 0.0005x_2^2$$

$$GT\#2.3 \text{ adalah } Y = 10.7833 + 0.2127x_3 + 0.0002x_3^2$$

Persamaan ini merupakan konfigurasi pembebanan untuk operasi optimum

### 3.2. Nilai $\lambda$ tiap Generator

Nilai  $\lambda$  diperoleh dengan cara  $\frac{\partial F_T}{\partial P_i} = \lambda$

Tabel 2. Hasil nilai  $\lambda$  seperti ditunjukkan pada tabel.

Gen	$\lambda$	P
GT #2.1	$0.0008 P_1 + 0.1800$	$P_1 = \frac{\lambda - 0.18}{0.0008}$
GT #2.2	$0.0010 P_2 + 0.1643$	$P_2 = \frac{\lambda - 0.1643}{0.0010}$
GT #2.3	$0.0004 P_3 + 0.2127$	$P_3 = \frac{\lambda - 0.2127}{0.0004}$

### 3.3. Perhitungan Optimasi

Jika beban membutuhkan daya 30 MW yang harus disuplai oleh tiga generator PLTGU Grati, maka:

$$30 = P_1 + P_2 + P_3$$

$$30 = \frac{\lambda - 0.18}{0.0008} + \frac{\lambda - 0.1643}{0.0010} + \frac{\lambda - 0.2127}{0.0004}$$

Diperoleh  $\lambda = 0.200$  \$/MW-Jam

Alokasi daya tiap generatornya adalah :

$$P_1 = 25.276 \text{ MW}, P_2 = 35.921 \text{ MW}, P_3 = -31.197 \text{ MW}$$

Dengan mempertimbangkan Pmax dan Pmin diperoleh alokasi tiap generatornya adalah :

$$P_1 = 2.375 \text{ MW}, P_2 = 17.625 \text{ MW}, P_3 = 10 \text{ MW}$$

Sehingga biaya BBM tiap generatornya adalah:

$$GT\#1 (C_1) = 10.7483 + 0.1800 (2.375) + 0.0004 (2.375)^2 = 11.178 \text{ $/jam}$$

$$GT\#2 (C_2) = 11.1967 + 0.1643 (17.625) + 0.0005 (17.625)^2 = 14.2478 \text{ $/jam}$$

$$GT\#3 (C_3) = 10.7833 + 0.2127 (10) + 0.0002 (10)^2 = 12.9303 \text{ $/jam}$$

Biaya total operasi :  $C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$

$$C_t \text{ operasi 30 MW lapangan} = 37.8 \text{ $/jam}$$

$$C_t \text{ operasi 30 MW perhitungan} = 11.178 + 14.2478 + 12.9303 = 38.356 \text{ $/jam}$$

$$C_t \text{ operasi 30 MW software} = 30.7229 \text{ $/jam}$$

### 3.4. Analisis Komparasi

Komparasi data dimaksudkan untuk mengetahui penghematan biaya yang diperoleh dari pengoperasian di lapangan, hasil perhitungan dan hasil software. Analisa komparasi yang

dilakukan adalah untuk menguji hipotesa mengenai ada tidaknya perbedaan antar variabel yang sedang diteliti. Jika ada perbedaan, apakah perbedaan itu merupakan perbedaan yang meyakinkan (signifikan), ataukah perbedaan tersebut hanya secara kebetulan saja (by chance).

**Tabel 3.** Komparasi Data Lapangan dan Perhitungan

Beban (MW)	Lapangan Ct (\$/jam)	Perhitungan Ct (\$/jam)
30	37.8	38.356
60	44.6	44.013
90	51.3	50.032
120	57.3	55.204
150	61.6	63.182
180	69.9	70.041
210	77.0	77.090
240	84.1	84.328
270	91.6	91.756
300	98.8	99.428
Jumlah	674.0	673.43

Penghematan yang diperoleh dari biaya pengoperasian di lapangan dengan hasil perhitungan adalah :

$$C = Ct Lapangan - Ct perhitungan = 674.0 - 673.43 = 0.57 \text{ \$/jam (0.08\%)}$$

**Tabel 4.** Komparasi Data Perhitungan dan Software

Beban (MW)	Perhitungan Ct (\$/jam)	Software Ct (\$/jam)
30	38.356	30.7229
60	44.013	35.7349
90	50.032	41.1469
120	55.204	56.5121
150	63.182	63.1819
180	70.041	70.0411
210	77.090	77.0899
240	84.328	84.3281
270	91.756	91.7558
300	99.428	87.9179
Jumlah	673.43	638.432

Penghematan yang diperoleh dari biaya pengoperasian hasil perhitungan dengan hasil software adalah :

$$C = Ct Perhitungan - Ct Software = 673.43 - 638.432 = 34.9985 \text{ \$/jam (5.197\%)}$$

**Tabel 5.** Komparasi Data Lapangan dan Software

Beban (MW)	Lapangan Ct (\$/jam)	Software Ct (\$/jam)
30	37.8	30.7229
60	44.6	35.7349
90	51.3	41.1469
120	57.3	56.5121
150	61.6	63.1819

---

---

Beban (MW)	Lapangan Ct (\$/jam)	Software Ct (\$/jam)
180	69.9	70.0411
210	77.0	77.0899
240	84.1	84.3281
270	91.6	91.7558
300	98.8	87.9179
Jumlah	674.0	638.432

Penghematan yang dapat diperoleh dari biaya pengoperasian di lapangan dengan hasil software adalah :

$$C = Ct Lapangan - Ct Software = 674.0 - 638.432 = 35.5685 \text{ \$/jam (5.277\%)}$$

#### 4. KESIMPULAN

1. Pengoperasian sistem di lapangan mempunyai konfigurasi pembebanan optimum dengan persamaan bahan bakar  $F_1 = 10.7483 + 0.18P_1 + 0.0004P_1^2$  untuk G1,  $F_2 = 11.1967 + 0.1643P_2 + 0.0005P_2^2$  untuk G2 dan  $F_3 = 10.7833 + 0.2127P_3 + 0.0002P_3^2$  untuk G3
2. Penghematan biaya yang diperoleh dari optimasi perhitungan manual dibandingkan di lapangan sebesar 0.57 \\$/jam atau 0.08%
3. Penghematan biaya yang diperoleh dari optimasi perhitungan software dibandingkan di lapangan adalah 35.5685 \\$/jam atau 5.277%
4. Komparasi antara data lapangan, data perhitungan serta hasil software pada taraf tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf 1% dan 5%

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Managemen PLTG Grati Blok II yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk penelitian dan pengambilan data.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunaidi Abdia A, 2010. Matlab Programming. Penerbit Informatika, Bandung
- [2] Setiawidayat, Sabar; 2003, Operasi Ekonomis dalam Pengelolaan Pembangkitan Sistem Daya Listrik. Prosiding Simposium Nasional RAPI, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [3] Marsudi, Djiteng.,1996, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta selatan
- [4] Marwan, 2018, Komputasi Sistem Tenaga listrik, Penerbit Andi, Yogyakarta
- [5] Rehiara, Beni A; Setiawidayat, Sabar; Bawan Elias K., 2013, Optimal operation scheme for diesel power plant units of PT.PLN-Manokwari branch using Lagrange Multiplier method, Elsevier Procedia Environmental ciencias 17 (2013) 557-565
- [6] Cekdin, Cekmas, 2010; Sistem Tenaga Listrik contoh soal dan penyelesaian, Penerbit Andi Yogyakarta
- [7] Wood, J.Allen; Bruce F.Wollenberg., 1984, Power Generation, Operation and Control, John Willey & Sons, New York

“ HALAMAN MEMANG DIKOSONGKAN”